

Einführung in die Quantentheorie

Präsenzübung, Blatt 11

SoSe 2018

26./27.06.2018

[P27] Teilchen im konstanten Magnetfeld

Betrachten Sie ein Teilchen mit Spin $1/2$, Ladung e und Masse m .

- (a) Geben Sie die Eigenwerte der Spinoperatoren S_x , S_y und S_z an.
- (b) Das Teilchen sei in einem Eigenzustand von S_x . Man misst S_z . Welche Messwerte sind möglich und mit welchen Wahrscheinlichkeiten werden sie erhalten?
- (c) Der Hamiltonoperator dieses Teilchens im konstanten Magnetfeld $\vec{B} = B\vec{e}_z$ sei gegeben durch

$$H = \frac{e\hbar}{mc} BS_z.$$

Das System befinde sich zur Zeit $t = 0$ im Eigenzustand von S_x mit dem Eigenwert $1/2$. Berechnen Sie den Zustand zur Zeit $t > 0$.

- (d) In diesem System wird dann (also zu einem Zeitpunkt $t > 0$) S_x gemessen. Was ist das Ergebnis? Was ergibt sich bei einer S_z -Messung? Diskutieren Sie die Ergebnisse, insbesondere die Abhängigkeiten von t .
- (e) Berechnen Sie die Erwartungswerte $\langle S_x \rangle$, $\langle S_y \rangle$ und $\langle S_z \rangle$.

[P28] Kopplung von Drehimpulsen

Ein Elektron (Spin $s = 1/2$) befinde sich in einem Zustand mit Bahndrehimpuls $\ell = 1$. Berechnen Sie die *Clebsch-Gordan-Koeffizienten* $\langle m_\ell, m_s | j, m \rangle$ für die Basis transformation

$$|j, m\rangle = \sum_{\substack{m_\ell, m_s \\ m_\ell + m_s = m}} |m_\ell, m_s\rangle \langle m_\ell, m_s | j, m \rangle$$

bei der Kopplung des Bahndrehimpulses an den Spin des Elektrons. Der Zustand $|m_\ell, m_s\rangle$ bezeichnet dabei das Tensorprodukt $|\ell, m_\ell\rangle \otimes |s, m_s\rangle$.

Verwenden Sie die Auf- und Absteige-Operatoren

$$J_+ = \hat{L}_+ + \hat{S}_+ \quad \text{und} \quad J_- = \hat{L}_- + \hat{S}_-.$$

Machen Sie sich klar, dass damit – sofern L und S miteinander kommutieren – gilt:

$$\begin{aligned} \sqrt{j(j+1) - m(m\pm 1)} |j, m\pm 1\rangle = \\ \sqrt{\ell(\ell+1) - m_\ell(m_\ell\pm 1)} |m_\ell\pm 1, m_s\rangle + \sqrt{s(s+1) - m_s(m_s\pm 1)} |m_\ell, m_s\pm 1\rangle. \end{aligned}$$